

4

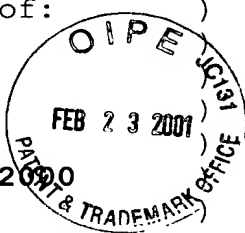
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
BAGNI ET AL.

Serial No. **09/728,506**

Filing Date: **December 1, 2000**

For: **PROCESSING OF MOTION VECTOR
HISTOGRAMS FOR RECOGNIZING
THE INTERLEAVED OR
PROGRESSIVE CHARACTER OF
PICTURES**



TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Director, U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the
priority European Application No. 99830751.6.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in cursive script, reading "Michael W. Taylor".

MICHAEL W. TAYLOR
Reg. No. 43,182
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath
& Gilchrist, P.A.
255 S. Orange Avenue, Suite 1401
Post Office Box 3791
Orlando, Florida 32802
Telephone: 407/841-2330
Fax: 407/841-2343
Attorney for Applicants

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being
deposited with the United States Postal Service as first class
mail in an envelope addressed to: DIRECTOR, U.S. PATENT AND
TRADEMARK OFFICE, WASHINGTON, D.C. 20231, on this 19 day of
February, 2001.

A handwritten signature in cursive script, reading "Eric L. Taylor".

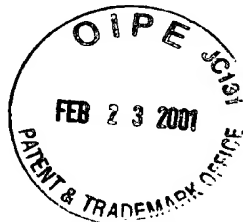
THIS PAGE BLANK (USPTO)



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

99830751.6

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE, 21/11/00
LA HAYE, LE

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:
Application no.:
Demande n°: 99830751.6

Anmeldetag:
Date of filing: 02/12/99
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
STMicroelectronics S.r.l.
20041 Agrate Brianza (Milano)
ITALY

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
NO TITLE

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:
H04N7/36, H04N7/26

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VA/X01124/EP

Italian Text Pursuant to Art. 14.2

**“METODO DI ELABORAZIONE DI ISTOGRAMMI DI VETTORI DI MOTO
PER RICONOSCERE IL CONTENUTO INTERLACCIATO O
PROGRESSIVO DI IMMAGINI”**

5 CAMPO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione concerne in generale i metodi di elaborazione di immagini video digitali ed in particolare un metodo di rilevazione delle proprietà di una sequenza di immagini digitali.

BACKGROUND DELL'INVENZIONE

- 10 Le accresciute esigenze degli utilizzatori di apparecchi video, in termini di qualità delle immagini ricevute, e dei trasmettitori, in termini di ampiezza dell'intervallo di frequenze da utilizzare per la trasmissione, hanno reso cruciale l'importanza delle tecniche di trasmissione delle sequenze di immagini video.

- 15 Con l'avvento dei sistemi digitali di ricetrasmissione, è stato possibile scomporre un quadro di immagine (frame) in una matrice di valori numerici rappresentativi delle intensità delle componenti video nei diversi punti (pixels) di un quadro, permettendo la manipolazione dell'immagine da parte di elaboratori elettronici.

- 20 Il fatto di poter trattare un'immagine alla stregua di un insieme di numeri, e quindi di una sequenza di bit (bitstream), ha offerto la possibilità di codificare le immagini in modo tale da migliorarne la trasmissione e la qualità della visualizzazione sullo schermo.

- 25 I sistemi di codifica di sequenze di immagini video digitali si basano essenzialmente sull'identificazione di diverse proprietà delle immagini. Tra queste, rivestono una particolare importanza la distinzione delle immagini in progressive o interallacciate e la rilevazione del moto degli oggetti ripresi.

3 015 000

Individuando tali proprietà, è possibile effettuare una codifica che consenta una trasmissione efficiente, in termini di banda di frequenza impegnata, e soddisfacente, in termini di qualità dell'immagine visualizzata.

5 In letteratura sono note diverse tecniche di stima del moto e della rilevazione del contenuto progressivo o interallacciato (IPD: *Interlaced Progressive Detection*) di sequenze di immagini video digitali.

Si citano a riguardo i brevetti US 5,734,420, International Patent WO 99/20040 e le domande di brevetto EP97830605.8, EP98830163.6, EP98830484.6, EP99830545.2, EP98830689.0 a nome della stessa richiedente.

10 I metodi esposti nei brevetti citati operano sui bits rappresentativi delle componenti video nei singoli pixels, comportando in tal modo una complessità di calcolo che li rende poco adatti in applicazioni a basso costo.

Infatti un quadro di immagine secondo lo standard PAL è composto da $720 \times 288 = 207360$ pixels, per cui i metodi che operano su ogni singolo pixel
15 risultano onerosi oppure richiedono delle semplificazioni riducenti in maniera più o meno sensibile la qualità dell'immagine visualizzata.

Si comprende quindi l'esigenza di un metodo di elaborazione di un bitstream di dati relativi a sequenze di immagini video digitali, agente preferibilmente su
20 insiemi di pixels (macroblocchi) in modo da ridurre la complessità computazionale.

Più precisamente, si desidera un metodo di elaborazione dei dati di un'immagine di sequenze video digitali che, agendo su gruppi di pixels invece che su un pixel alla volta:

- consenta di riconoscere l'immagine esaminata come progressiva o
25 interallacciata con un numero relativamente basso di calcoli;

- consenta di ridurre considerevolmente il numero di calcoli nella fase di stima del moto, mantenendo pressoché inalterata la qualità e l'efficienza di compressione;
- aumenti la qualità delle immagini a parità di efficienza di compressione e di numero di calcoli effettuati nella fase di stima del moto.

SCOPO E SOMMARIO DELL'INVENZIONE

È stato trovato ed è l'oggetto della presente domanda di brevetto un metodo convenientemente applicabile ad immagini di sequenze video codificate con lo standard MPEG, richiedente l'effettuazione di calcoli solo sui vettori di moto.

10 Poiché i vettori di moto possono essere definiti anche solo per ogni macroblocco invece che per ogni singolo pixel, ne deriva la possibilità di un notevole risparmio computazionale.

Il metodo dell'invenzione permette di rilevare il contenuto progressivo o interallacciato di una immagine, migliorando l'efficacia della codifica di sequenze di immagini video per applicazioni a basso costo e l'efficacia del filtraggio che viene applicato sulla componente di cromaticità alle immagini che alimentano in
15 ingresso il codificatore. Inoltre permette di calcolare in maniera raffinata i vettori di moto basandosi sul riconoscimento dell'immagine esaminata come progressiva o interallacciata.

20 Più precisamente l'oggetto dell'invenzione è un metodo di elaborazione di un bitstream di dati codificati relativi a video sequenze di immagini progressive e interallacciate suddivisibili in un semiquadro superiore ed in un semiquadro inferiore comprendente stimare i vettori di moto rispettivamente di insiemi di pixels di detto semiquadro superiore dell'immagine corrente rispetto a pixels del
25 semiquadro inferiore dell'immagine precedente e i vettori di moto di insiemi di pixels di detto semiquadro inferiore dell'immagine corrente rispetto a pixels del semiquadro superiore dell'immagine corrente.

A partire da tali stime, si calcolano per ogni macroblocco di un semiquadro superiore e inferiore un rispettivo coefficiente di moto superiore e inferiore in funzione della stima dei vettori di movimento di semiquadro superiore e inferiore, si riconosce il contenuto dell'immagine corrente come progressivo o
5 interallacciato in funzione dei coefficienti di moto superiore e inferiore, stabilendo il carattere interallacciato dell'immagine da una sostanziale uguaglianza delle distribuzioni dei valori dei coefficienti di moto o il carattere progressivo da una sostanziale disuguaglianza delle distribuzioni dei valori di detti coefficienti.

Tale riconoscimento può essere effettuato calcolando una coppia di fattori di
10 forma primo e secondo rappresentativi delle distribuzioni dei coefficienti di moto superiore e inferiore, e riconoscendo l'immagine corrente come progressiva oppure interallacciata se detti fattori di forma differiscono di una quantità rispettivamente superiore o inferiore ad un valore prefissato.

Alternativamente si può distinguere tra immagini progressive e interallacciate
15 calcolando un fattore rappresentativo della correlazione statistica tra le distribuzioni dei coefficienti di moto superiore e inferiore, e riconoscendo l'immagine corrente come interallacciata oppure progressiva se il fattore così calcolato eccede o meno un valore prefissato.

Preferibilmente il riconoscimento è effettuato:

20 confrontando i coefficienti di moto superiore e inferiore rispettivamente con una soglia superiore e inferiore prestabilite;

conteggiando il numero di vettori di moto appartenenti rispettivamente ai semiquadri superiore e inferiore dell'immagine corrente aventi coefficienti di moto inferiori alla soglia superiore, producendo una coppia di coefficienti primo e
25 secondo;

conteggiando il numero di vettori di moto appartenenti rispettivamente ai semiquadri superiore e inferiore dell'immagine corrente aventi coefficienti di

moto superiori alla soglia inferiore, producendo una coppia di coefficienti terzo e quarto;

5 riconoscendo il contenuto dell'immagine corrente progressivo o interallacciato in funzione dei coefficienti primo, secondo, terzo e quarto relativi all'immagine corrente e ad immagini precedenti.

Il metodo dell'invenzione può inoltre comprendere le seguenti operazioni:

per ogni immagine elaborata, calcolare un valore provvisorio di peso in funzione del riconoscimento dell'immagine corrente come progressiva o interallacciata effettuato in uno dei modi precedentemente indicati;

10 calcolare un valore definitivo di peso in funzione del valore provvisorio di peso relativo all'immagine corrente e dei valori definitivi di peso relativi ad immagini precedenti;

15 riconoscere l'immagine corrente come progressiva o interallacciata in funzione del suo valore provvisorio di peso e dei valori definitivi di peso relativi ad immagini precedenti.

I metodi di elaborazione descritto può essere convenientemente implementato per affinare il calcolo dei vettori di moto di un'immagine della sequenza video calcolando i vettori di moto con una tecnica di tipo Frame-Prediction se l'immagine corrente è riconosciuta come progressiva o con una tecnica di tipo
20 Field-Prediction se l'immagine corrente è riconosciuta come interallacciata.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

I diversi aspetti e vantaggi dell'invenzione risulteranno ancor più evidenti dalla descrizione di alcune forme di realizzazione dell'invenzione facendo riferimento ai disegni allegati nei quali:

25 la **Figura 1** mostra un esempio di sequenza di immagini video riprese da una telecamera progressiva;

la **Figura 2** mostra un esempio di sequenza di immagini video riprese da una telecamera interallacciata;

la **Figura 3** esemplifica una possibile distribuzione dei coefficienti di moto di vettori di moto appartenenti ad un semiquadro superiore (top field) ed a un
5 semiquadro inferiore (bottom field) di una sequenza progressiva;

la **Figura 4** esemplifica una possibile distribuzione dei coefficienti di moto di vettori di moto appartenenti ad un semiquadro superiore (top field) ed a un semiquadro inferiore (bottom field) di una sequenza interallacciata;

la **Figura 5** è un diagramma a blocchi di un algoritmo per calcolare i coefficienti di confronto;
10

la **Figura 6a** è uno schema a blocchi della procedura di IPD dell'invenzione;

la **Figura 6b** è uno schema a blocchi dettagliato del blocco funzionale "Hysteresis", illustrato in Fig. 6a;

la **Figura 6c** è uno schema a blocchi dettagliato del blocco funzionale "Quasi-stationary" illustrato in Fig. 6a;
15

la **Figura 7** è uno schema a blocchi del metodo di rilevamento del contenuto progressivo o interallacciato di immagini;

la **Figura 8** è uno schema a blocchi di uno stimatore del moto generico a due passi utilizzando la procedura di IPD dell'invenzione.

20 DESCRIZIONE DI ALCUNE FORME DI REALIZZAZIONE DELL'INVENZIONE

Il metodo dell'invenzione permette di identificare, indipendentemente dallo standard di codifica utilizzato, come interallacciate o progressive immagini di sequenze video digitali basandosi esclusivamente su delle stime precedentemente ottenute dei vettori di moto relativi ad insiemi di pixels. Inoltre tale metodo può
25 essere convenientemente implementato per migliorare sia in termini di precisione che di costo computazionale il calcolo dei vettori di moto.

L'idea che sta alla base della presente invenzione consiste nel fatto che effettuando la stima del moto sempre tra semiquadri temporalmente consecutivi¹ è possibile verificare se la sequenza che si sta codificando è interallacciata oppure progressiva.

- 5 Infatti nel caso di una sequenza progressiva, se si sta stimando il moto di un bottom field rispetto al top field precedente ed appartenente allo stesso quadro, i vettori di movimento risultanti avranno modulo tendente allo zero. Questo accade perché i due field sono stati campionati dalla telecamera progressiva nello stesso istante di tempo (infatti appartengono allo stesso frame), e non a distanza di 1/50
10 di secondo (1/60), come succede nel caso di una telecamera interallacciata PAL (NTSC).

- È molto probabile anche che la componente verticale di tali vettori oscillerà tra 1 e -1, visto lo scostamento verticale di una linea tra fields di parità opposta, mentre la componente orizzontale sarà praticamente nulla. In realtà, è sempre possibile
15 che zone ad elevato dettaglio verticale (frequenze spaziali) ingannino lo stimatore facendogli stimare un movimento verticale che in realtà non esiste. Ad ogni modo, si suppone di avere uno stimatore del moto sufficientemente robusto da non risentire di questo problema.

- Invece, la stima del moto tra top field del frame k ed il precedente bottom field del
20 frame $k-1$, rileverà un effettivo movimento non solo in una sequenza interallacciata ma anche in una eventuale sequenza progressiva, visto che i due fields sono stati campionati in diversi istanti di tempo (ed infatti appartengono a frames diversi).

- Le figure 1 e 2 illustrano il concetto: in particolare la Fig. 1 mostra il movimento
25 di un pallone ripreso da una telecamera progressiva, mentre la Fig. 2 da una telecamera interallacciata. Come si può facilmente comprendere osservando le figure citate, mentre per la sequenza di Fig. 2 i vettori di moto MV da un field

¹ Un quadro di un'immagine video (*frame*) è suddiviso in due semiquadri (*fields*), denominati comunemente superiore (*top* oppure *odd*) ed inferiore (*bottom* oppure *even*), per la posizione delle linee che li compongono.

all'altro sono sempre non nulli, per la sequenza di Fig. 1 questo non è sempre vero. Infatti i vettori di moto MV da un field bottom ad un top nello stesso frame k oppure $k+1$ sono sempre nulli, mentre i vettori di moto MV da un top field nel frame $k+1$ al bottom field nel frame k sono sempre non nulli.

- 5 Questa particolarità suggerisce l'individuazione di un utile criterio per distinguere in modo molto semplice le immagini interallacciate da quelle progressive.

Si indichino con $MV_{TOP_{x,y}}(K)$ e $MV_{BOT_{x,y}}(K)$ i vettori di moto rispettivamente del semiquadro superiore k -esimo rispetto al semiquadro inferiore $(k-1)$ -esimo, e del semiquadro inferiore k -esimo rispetto al semiquadro superiore k -esimo, con k
 10 numero del frame. Tali vettori di moto $MV=(V_x, V_y)$ possono essere relativi a singoli pixels oppure ad insiemi di pixels (macroblocchi) dell'immagine k -esima, appartenenti rispettivamente al semiquadro superiore o inferiore.

Per implementare il metodo dell'invenzione è necessario ricavare, da stime dei vettori di moto $MV_{TOP_{x,y}}(K)$ e $MV_{BOT_{x,y}}(K)$ anche non particolarmente accurate,
 15 altrettanti coefficienti di moto $V_{TOP_{x,y}}(K)$ e $V_{BOT_{x,y}}(K)$ e riconoscere l'immagine corrente progressiva o interallacciata in funzione di tali coefficienti.

Un modo preferito è quello di calcolare i coefficienti di moto $V_{TOP_{x,y}}(K)$ e $V_{BOT_{x,y}}(K)$ effettuando per ciascun vettore di moto MV la somma dei valori assoluti delle sue componenti, cioè porre

20
$$V_{TOP_{x,y}}(K)=|V_x|+|V_y|$$

considerando vettori di moto $MV_{TOP_{x,y}}(K)$ del semiquadro superiore dell'immagine k -esima, e

$$V_{BOT_{x,y}}(K)=|V_x|+|V_y|$$

considerando vettori di moto $MV_{BOT_{x,y}}(K)$ del semiquadro inferiore
 25 dell'immagine k -esima.

Tale maniera di ricavare i coefficienti di moto è una delle tante possibili: ad esempio si può pensare di calcolare i coefficienti di moto come la radice quadrata della somma dei quadrati di V_x e V_y .

5 Nel seguito, a scopo puramente esemplificativo, si considera il caso in cui i coefficienti di moto $V_{TOP_{x,y}}(K)$ e $V_{BOT_{x,y}}(K)$ sono calcolati come somma dei valori assoluti delle componenti del vettore di moto MV , restando comunque inteso che il metodo può essere validamente applicato anche calcolando i coefficienti di moto in maniera diversa.

10 È possibile distinguere un'immagine interallacciata da una progressiva esaminando la distribuzione dei coefficienti di moto del semiquadro superiore e del semiquadro inferiore. Sperimentalmente si rileva che le immagini progressive sono caratterizzate da sensibili differenze nelle distribuzioni dei coefficienti di moto superiore e inferiore, mentre le immagini interallacciate sono caratterizzate da distribuzioni dei coefficienti di moto maggiormente uniformi.

15 Questo concetto è chiaramente illustrato nelle Figg. 3 e 4 in cui sono riportate in forma di istogrammi due distribuzioni tipiche dei coefficienti di moto per semiquadri superiore (top field) ed inferiore (bottom field), relativi rispettivamente a sequenze progressive e a sequenze interallacciate.

20 In particolare, in Fig. 3 è evidente la differenza tra le due distribuzioni in quanto nel bottom field si ha una maggiore concentrazione (sull'asse verticale) in prossimità del valore 1 (sull'asse orizzontale), mentre il top field è caratterizzato da una maggiore uniformità; in Fig. 4 invece i due istogrammi sono pressoché identici.

25 In seguito ad esami effettuati calcolando le distribuzioni dei coefficienti di moto di molte diverse sequenze di immagini video, ottenuti con diversi stimatori del movimento, si è visto che:

- nei bottom fields appartenenti a frames di sottosequenze da cinema, o movie (film-mode), le distribuzioni risultano molto più concentrate attorno al punto

di massimo, prossimo a 1, dovuto prevalentemente alla componente verticale dei vettori. Invece nei top fields tale massimo risulta molto meno pronunciato, cioè la dispersione è più larga rispetto al caso relativo ai bottom fields;

- le distribuzioni per i top fields e per i bottom fields ottenute da sequenze interallacciate risultano avere invece un andamento simile tra loro e tanto più disperso quanto maggiore è il movimento in esse presente.

Tale andamento è ottenibile anche per il singolo frame, e non solo per tutta la sequenza nel suo complesso.

Un'immagine interallacciata è in sostanza caratterizzata dall'avere una distribuzione dei coefficienti di moto superiori pressoché identica a quella dei coefficienti di moto inferiori, mentre un'immagine progressiva è caratterizzata da rilevanti disuniformità tra le distribuzioni dei coefficienti di moto superiori e inferiori e da una relativamente più marcata concentrazione intorno al valore massimo dei coefficienti di moto inferiori rispetto ai coefficienti di moto superiori.

L'individuazione di una delle caratteristiche citate può essere usata come criterio di riconoscimento del contenuto interallacciato o progressivo di un'immagine.

La teoria delle variabili casuali fornisce molteplici modi in cui le caratteristiche sopra menzionate possono essere individuate. Tali modi possono consistere nel calcolare una coppia di fattori di forma rappresentativi delle distribuzioni dei coefficienti di moto superiori e inferiori e nel verificare se tra tali fattori esiste una sostanziale differenza o meno: in caso positivo, le due distribuzioni sono eguali, altrimenti sono diverse.

Alternativamente si possono calcolare dei fattori di correlazione statistica delle due distribuzioni e verificare se essi eccedono o no una quantità prefissata. Ad esempio si può calcolare un momento congiunto di grado qualsiasi oppure il coefficiente di correlazione tra le due distribuzioni e verificare se tale coefficiente

eccede o meno un valore prestabilito: in caso affermativo l'immagine è interallacciata, in caso negativo è progressiva.

Un altro modo può essere quello di utilizzare come fattore di forma lo scarto quadratico medio rispetto al valore massimo delle due distribuzioni dei
5 coefficienti di moto. Dato che per un'immagine progressiva i valori dei coefficienti di moto del bottom field sono maggiormente concentrati intorno al massimo rispetto a quelli del top field, tale scarto quadratico medio per il top field sarà maggiore di quello del bottom field: si potrà quindi sostenere che se lo scarto quadratico medio rispetto al massimo dei coefficienti di moto del top field eccede
10 di una quota prefissata il rispettivo scarto dei coefficienti del bottom field, l'immagine è progressiva, altrimenti interallacciata.

Un semplice modo di riconoscere come progressiva un'immagine sfruttando i coefficienti di moto è quello esposto di seguito.

Nelle sequenze video a volte sono presenti delle immagini, dette "quasi-stazionarie", in cui il movimento è limitato a porzioni relativamente piccole del
15 quadro: un caso tipico di immagine quasi-stazionaria è quello relativo all'inquadratura dello speaker di un telegiornale, in cui il movimento è sostanzialmente limitato al volto mentre il resto del corpo e lo sfondo sono praticamente immobili.

20 In una tale situazione vi è una relativamente piccola differenza tra un'immagine progressiva e una interallacciata, per cui senza commettere errori rilevanti si può classificare l'immagine esaminata nel modo più conveniente. Poiché il metodo dell'invenzione è principalmente applicato a sequenze video codificate secondo lo standard MPEG, le immagini quasi-stazionarie vengono considerate progressive
25 in quanto questa scelta consente di ridurre notevolmente i calcoli necessari per la codifica.

Il riconoscimento delle immagini "quasi-stazionarie" è effettuato producendo due coefficienti somma, rispettivamente superiore SVTOP e inferiore SVBOT, come la somma di tutti coefficienti di moto rispettivamente superiori e inferiori

(rappresentati dal segnale B del blocco “quasi-stationary” di Fig. 6a e 6c). Se entrambi i coefficienti somma SVTOP e SVBOT sono inferiori a numeri positivi prestabiliti rispettivamente primo T1 e secondo T2, cioè:

$$SVTOP < T1 \quad e \quad SVBOT < T2 \quad (1)$$

- 5 allora l'immagine esaminata verrà riconosciuta come “quasi-stazionaria”.

Data la notevole semplificazione risultante dal poter trattare le immagini come “quasi-stazionarie”, si può convenientemente applicare il test appena descritto prima di un qualsiasi test per determinare il contenuto progressivo o interallacciato di un'immagine.

- 10 Un modo preferito di distinguere immagini progressive da quelle interallacciate è ottenuto definendo due soglie prestabilite, rispettivamente inferiore THR1 e superiore THR2, e confrontando i coefficienti di moto superiore $V_{TOP_{X,Y}}(K)$ e inferiore $V_{BOT_{X,Y}}(K)$ con tali soglie, indicando con

$$N1TOP(K) = \text{numero di tutti i } MV_{TOP_{X,Y}}(K) \text{ tali che } V_{TOP_{X,Y}}(K) < THR1$$

15 $N2TOP(K) = \text{numero di tutti i } MV_{TOP_{X,Y}}(K) \text{ tali che } V_{TOP_{X,Y}}(K) > THR2 \quad (2)$

$$N1BOT(K) = \text{numero di tutti i } MV_{BOT_{X,Y}}(K) \text{ tali che } V_{BOT_{X,Y}}(K) < THR1$$

$$N2BOT(K) = \text{numero di tutti i } MV_{BOT_{X,Y}}(K) \text{ tali che } V_{BOT_{X,Y}}(K) > THR2$$

- La Fig. 5, ad esempio, mostra un possibile diagramma funzionale a blocchi per il calcolo del parametro N1TOP(K) di un top field; l'architettura per calcolare gli altri
20 tre parametri è concettualmente identica.

- Relativamente agli istogrammi delle figure 3 e 4, si può osservare che N1TOP(K) ed N1BOT(K) danno un'indicazione del valore del massimo delle distribuzioni (se THR1 è maggiore di tale punto di massimo), mentre N2TOP(K) ed N2BOT(K) indicano la loro dispersione (larghezza della curva a campana con cui idealmente
25 involuppare l'istogramma).

Si definiscano inoltre i seguenti rapporti:

$$R1(K) = N1TOP(K) / N1BOT(K-1)$$

$$R2(K) = N1BOT(K) / N1TOP(K) \quad (3)$$

$$R3(K) = N2TOP(K) / N2BOT(K-1)$$

$$5 \quad R4(K) = N2BOT(K) / N2TOP(K)$$

Detti γ , δ , ε e η quattro numeri prestabiliti rispettivamente terzo, quarto, quinto e sesto, se si verifica contemporaneamente che:

$$R1(K) < \gamma$$

$$R2(K) > \delta \quad (4)$$

$$10 \quad R3(K) > \varepsilon$$

$$R4(K) < \eta$$

allora il quadro k -esimo sarà riconosciuto come progressivo, altrimenti sarà classificato come interallacciato.

La scelta di utilizzare tutti i quattro parametri, invece dei soli $R2(K)$ ed $R4(K)$ ad esempio, è dovuta al fatto che dal momento che la decisione deve essere presa per ogni frame, per ridurre al minimo le possibilità di ambiguità è bene sfruttare tutte le informazioni a disposizione.

Per non incorrere in facili errori, si possono introdurre le ulteriori condizioni:

$$R5(K) = R2(K) / R1(K) > \theta \quad (5)$$

$$20 \quad R6(K) = R3(K) / R4(K) > \iota$$

essendo θ e ι due numeri positivi prestabiliti rispettivamente settimo e ottavo. Queste ultime due condizioni impongono alle differenze tra le distribuzioni di

essere sufficientemente marcate affinché si possa classificare effettivamente l'immagine come progressiva.

Il vantaggio di utilizzare le procedure esposte consiste nella possibilità di operare sui vettori di moto dei macroblocchi e non esclusivamente sui singoli pixels:
5 poiché i primi sono molto meno numerosi dei secondi, ne deriva un evidente semplificazione dei calcoli, che rende il metodo dell'invenzione particolarmente adatto in applicazioni a basso costo.

Per evitare oscillazioni nei risultati forniti dalla procedura di riconoscimento del contenuto interallacciato o progressivo dell'immagine, causate da brevi tratti di
10 sequenza in cui il campo di moto è tale da rendere difficile la distinzione, può essere convenientemente introdotto un semplice meccanismo di isteresi che tenga conto delle decisioni prese nei due frames precedenti.

Tale metodo di isteresi è sostanzialmente realizzato associando a ciascuna immagine elaborata un valore provvisorio di peso $P(K)$ in funzione del
15 riconoscimento dell'immagine corrente come progressiva o interallacciata, secondo uno dei metodi precedentemente esposti, calcolando per ogni immagine elaborata un valore definitivo di peso $D(K)$ in funzione del valore provvisorio di peso $P(K)$ relativo all'immagine corrente e dei valori definitivi di peso $D(I)$ relativi ad una o più immagini precedenti, infine riconoscendo l'immagine corrente come
20 progressiva o interallacciata in funzione dei suddetti valori di peso.

Un esempio di come possa essere realizzato tale algoritmo di isteresi è illustrato nello schema a blocchi di Fig. 6a.

Come prima cosa si decide il numero di immagini precedenti che dovranno essere prese in considerazione attribuendo un valore al parametro NF , ad esempio $NF=3$.
25 Dopodiché il sistema applica una tecnica qualsiasi di stima dei vettori di moto, calcolando i coefficienti di moto $V_{TOP_{x,y}}(K)$ e $V_{BOT_{x,y}}(K)$. A partire da tali valori, il blocco "quasi-stationary" verifica se l'immagine è o meno quasi-stazionaria, secondo l'algoritmo descritto in precedenza.

In caso affermativo l'immagine viene classificata come progressiva, si fissa il relativo peso definitivo $D(K)=\omega$ e si passa ad esaminare una successiva immagine.

In caso negativo, il sistema calcola i rapporti primo $R1(K)$, secondo $R2(K)$, terzo $R3(K)$, quarto $R4(K)$, quinto $R5(K)$ e sesto $R6(K)$ secondo le equazioni (3) e (5). A
5 seconda che tali rapporti soddisfino o meno le disuguaglianze (4) e (5), il blocco HYSTERESIS, descritto in maggior dettaglio in Fig. 6c, assegna un peso provvisorio $P(K)$ all'immagine. Tale peso provvisorio è uguale ad un numero β se le disuguaglianze (4) e (5) sono soddisfatte, altrimenti ad un numero α .

Una volta noto il peso provvisorio, il blocco HYSTERESIS riconosce il frame
10 corrente come effettivamente progressivo se la somma dei pesi associati agli ultimi due frames e di quello attuale è superiore o uguale ad un numero prefissato μ , cioè:

$$P(K) + D(K-1) + D(K-2) \geq \mu$$

ed il frame riceve un peso definitivo $D(K)=\beta$. In caso contrario, il frame attuale
15 riceve un peso definitivo $D(K)=\omega$ e viene classificato come interallacciato.

Se invece non sono verificate le condizioni delle equazioni (4) e (5) (ingresso N del blocco "Hysteresis" nelle figure 6a e 6b), il frame attuale k viene momentaneamente classificato come interallacciato ed assume peso provvisorio $P(K)=\alpha$. Se poi si verifica la condizione complementare:

20

$$P(K) + D(K-1) + D(K-2) \leq \mu$$

allora la scelta definitiva è frame interallacciato con peso definitivo $D(K)=\alpha$; in caso contrario il frame è classificato come progressivo ed assume il nuovo peso $D(K)=\omega$.

Secondo una forma preferita di realizzazione dell'invenzione, i pesi α , β , μ e ω
25 sono uguali a 0, 1, 1.5, 0.5, ma tali valori possono essere cambiati a seconda delle esigenze, anche all'interno di una stessa sequenza di immagini.

Con questo procedimento di isteresi, si tiene conto sia dell'effettiva scelta effettuata nei frames precedenti, mediante i pesi $D(k-1)$ e $D(k-2)$, che dell'indicazione data dai vari parametri di decisione $R1(k)$, $R2(k)$, $R3(k)$, $R4(k)$, senza dare una priorità ad una delle due scelte in particolare.

- 5 In Fig. 7 è riportato uno schema a blocchi di come il metodo dell'invenzione permetta di identificare immagini progressive o interallacciate in una sequenza video. A partire da una stima dei vettori di moto, si verifica se l'immagine corrente è quasi-stazionaria, poi si applica l'algoritmo descritto (IPD) e infine un blocco funzionale, implementante la procedura di isteresi, produce un segnale di
10 flag indicante se l'immagine è progressiva o interallacciata.

Con il procedimento di isteresi si evita di cambiare troppo repentinamente dalla modalità di scansione interallacciata a quella progressiva, evitando che disturbi di breve durata possano influenzare la decisione.

- 15 Il metodo di elaborazione dell'invenzione permette anche di calcolare i vettori di moto in maniera raffinata, scegliendo di volta in volta l'algoritmo di calcolo che implica il minor numero di operazioni.

- Data l'importanza assunta dello standard MPEG2 nel trattamento di sequenze di immagini digitalizzate, nel seguito si farà riferimento ad un sistema MPEG2, anche se ovviamente ciò che si dirà resta comunque vantaggiosamente applicabile,
20 *mutatis mutandis*, a sistemi basati su standards diversi.

Nello standard MPEG2², come anche in altri standards, sono possibili almeno due diverse modalità di stima del movimento e conseguente predizione temporale:

- **Frame Prediction**, dove l'immagine corrente viene suddivisa in
macroblocchi di tipo frame (16x16 pixel) e per ognuno di essi si cerca il
25 predittore nel quadro precedente con un qualsiasi metodo di stima del moto.

² ISO/IEC 13818-2, Draft International Standard, May 1994.

- **Field Prediction**, dove ogni macroblocco frame viene suddiviso nei suoi due componenti field (16x8 pixel), uno sul semiquadro pari ed uno su quello dispari e si cerca il predittore per ognuno di essi sul field della stessa parità appartenente all'immagine temporalmente precedente.

5 La codifica di migliore qualità si ottiene testando tutte le possibili combinazioni per i predittori di un macroblocco: frame, field top k su field top $k-1$, field top k su field bottom $k-1$, field bottom k su field top $k-1$, field bottom k su field bottom $k-1$. In entrambi i casi la predizione (e la stima del moto) può essere di tipo Forward o Backward. Ne consegue un elevato numero di matching errors da calcolare per
10 ogni macroblocco.

In realtà questo metodo è un po' troppo oneroso per uno stimatore low cost: infatti le sequenze interallacciate con poco moto possono essere codificate come progressive, senza rilevante perdita di qualità, evitando quindi di fare una Field Prediction. Analogamente, le sequenze interallacciate con molto moto non godono
15 di nessun beneficio dall'essere predette come Frame, e quindi necessitano solo di una stima di tipo Field.

È evidente la possibilità di risparmio computazionale (tra il 30% e il 50%), dovuto all'effettuare una stima di tipo solo Field o solo Frame. Occorre un meccanismo che dica allo stimatore del moto quando lavorare in modalità solo Field e quando
20 in modalità solo Frame: l'algoritmo IPD. L'unico requisito è che la stima del moto sia effettuata su fields consecutivi con due o più passi.

Il primo passo, effettuato dal blocco COARSE_SEARCH della Fig. 8, serve per creare dei vettori di moto tra un quadro ed il suo successivo. Il secondo passo, effettuato dal blocco FINE_SEARCH, serve per creare i vettori di moto finali
25 necessari alla codifica vera e propria. Alla fine del primo passo si può effettuare la IPD, in modo tale da permettere nel secondo passo una più efficiente stima del moto.

In conclusione, il metodo di IPD, quando associato ad un metodo di stima del moto, consente di ottenere, rispetto allo stimatore usato senza il modulo di IPD, due effetti alternativi:

- 5 • migliore qualità delle immagini predette a parità di numero massimo di matching calcolati per macroblocco, perché si può aumentare il numero di predittori solo Frame o solo Field (fino al numero massimo prestabilito) una volta fissata la modalità di predizione in base all'indicazione fornita da IPD;
- 10 • minore numero di matching per macroblocco a parità di qualità delle immagini predette, perché si effettua solo predizione di tipo Field o di tipo Frame, sulla base delle indicazioni fornite da IPD, risparmiando dal 30% al 50% dei matching, a seconda delle modalità di stima del moto impiegate.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo di elaborazione di un bitstream di dati codificati relativi a video sequenze di immagini progressive e interallacciate suddivisibili in un semiquadro superiore ed in un semiquadro inferiore comprendente stimare vettori di moto
5 rispettivamente di insiemi di pixels di detto semiquadro superiore dell'immagine corrente rispetto a pixels del semiquadro inferiore dell'immagine precedente ($MV_{TOP_{X,Y}}(K)$) e vettori di moto di insiemi di pixels di detto semiquadro inferiore dell'immagine corrente rispetto a pixels del semiquadro superiore dell'immagine corrente ($MV_{BOT_{X,Y}}(K)$), caratterizzato dal fatto che comprende

10 calcolare per ogni macroblocco di detto semiquadro superiore e inferiore un rispettivo coefficiente di moto superiore ($V_{TOP_{X,Y}}(K)$) e inferiore ($V_{BOT_{X,Y}}(K)$) in funzione della stima dei vettori di movimento di semiquadro superiore ($MV_{TOP_{X,Y}}(K)$) e inferiore ($MV_{BOT_{X,Y}}(K)$);

15 riconoscere il contenuto dell'immagine corrente come progressivo o interallacciato in funzione di detti coefficienti di moto superiore ($V_{TOP_{X,Y}}(K)$) e inferiore ($V_{BOT_{X,Y}}(K)$), stabilendo il carattere interallacciato dell'immagine da una sostanziale uguaglianza delle distribuzioni dei valori di detti coefficienti di moto ($V_{TOP_{X,Y}}(K)$, $V_{BOT_{X,Y}}(K)$) o il carattere progressivo da una sostanziale
20 disuguaglianza delle distribuzioni dei valori di detti coefficienti di moto ($V_{TOP_{X,Y}}(K)$, $V_{BOT_{X,Y}}(K)$).

2. Il metodo della rivendicazione 1 in cui detto riconoscimento è effettuato tramite le operazioni di

confrontare detti coefficienti di moto superiore ($V_{TOP_{X,Y}}(K)$) e inferiore ($V_{BOT_{X,Y}}(K)$) rispettivamente con una soglia superiore ($THR1$) e inferiore ($THR2$)
25 prestabilite;

conteggiare il numero di vettori di moto appartenenti rispettivamente a detti semiquadri superiore ($MV_{TOP_{X,Y}}(K)$) e inferiore ($MV_{BOT_{X,Y}}(K)$) dell'immagine

corrente aventi coefficienti di moto inferiori a detta soglia superiore (THR1), producendo una coppia di coefficienti primo (N1TOP(K)) e secondo (N1BOT(K));

conteggiare il numero di vettori di moto appartenenti rispettivamente a detti semiquadri superiore (MVTOP_{x,y}(K)) e inferiore (VBOT_{x,y}(K)) dell'immagine
5 corrente aventi coefficienti di moto superiori a detta soglia inferiore (THR2), producendo una coppia di coefficienti terzo (N2TOP(K)) e quarto (N2BOT(K));

riconoscere il contenuto dell'immagine corrente progressivo o interallacciato in funzione di detti coefficienti primo, secondo, terzo e quarto relativi all'immagine corrente e ad immagini precedenti.

10 3. Il metodo della rivendicazione 1 in cui i valori calcolati di detti coefficienti di moto superiore e inferiore sono utilizzati per effettuare preliminarmente una prova consistente nel

sommare i coefficienti di moto di macroblocchi appartenenti al semiquadro superiore dell'immagine corrente producendo un coefficiente somma
15 superiore (SVTOP(K));

sommare i coefficienti di moto di macroblocchi appartenenti al semiquadro inferiore dell'immagine corrente producendo un coefficiente somma inferiore (SVBOT(K));

definire l'immagine corrente progressiva se detti coefficienti somma
20 superiore (SVTOP(K)) e inferiore (SVBOT(K)) sono minori di rispettivi numeri positivi prestabiliti primo (T1) e secondo (T2), in caso contrario procedere con la sequenza di operazioni della rivendicazione 2.

4. Il metodo della rivendicazione 1 in cui detto riconoscimento è effettuato tramite le operazioni di

25 calcolare una coppia di fattori di forma primo e secondo rappresentativi delle distribuzioni di detti coefficienti di moto rispettivamente superiore e inferiore;

riconoscere l'immagine corrente come progressiva oppure interallacciata se detti fattori di forma differiscono di una quantità rispettivamente superiore o inferiore ad un valore prefissato.

5. Il metodo della rivendicazione 1 in cui detto riconoscimento è
5 effettuato tramite le operazioni di

calcolare un fattore rappresentativo della correlazione statistica tra le distribuzioni di detti coefficienti di moto rispettivamente superiore e inferiore;

riconoscere l'immagine corrente come interallacciata oppure progressiva se detto fattore eccede o meno un valore prefissato.

- 10 6. Il metodo delle rivendicazioni 2 o 3 caratterizzato inoltre dal comprendere le operazioni di

calcolare un primo rapporto ($R1(K)$) tra detto primo coefficiente relativo all'immagine corrente ($N1TOP(K)$) e il secondo coefficiente relativo all'immagine precedente ($N1BOT(K-1)$);

- 15 calcolare un secondo rapporto ($R2(K)$) tra detto secondo coefficiente relativo all'immagine corrente ($N1BOT(K)$) e detto primo coefficiente relativo all'immagine corrente ($N1TOP(K)$);

- calcolare un terzo rapporto ($R3(K)$) tra detto terzo coefficiente relativo all'immagine corrente ($N3TOP(K)$) e il quarto coefficiente relativo all'immagine
20 precedente ($N2BOT(K-1)$);

calcolare un quarto rapporto ($R4(K)$) tra detto quarto coefficiente relativo all'immagine corrente ($N2BOT(K)$) e detto terzo coefficiente relativo all'immagine corrente ($N2TOP(K)$);

- confrontare detti rapporti primo, secondo, terzo e quarto con rispettivi
25 numeri positivi prestabiliti terzo (γ), quarto (δ), quinto (ϵ) e sesto (η) riconoscendo l'immagine corrente progressiva se detti rapporti primo e quarto

sono minori rispettivamente dei numeri terzo (γ) e sesto (η) e se contemporaneamente detti rapporti secondo e terzo sono maggiori rispettivamente di detti numeri quarto (δ) e quinto (ϵ).

7. Il metodo della rivendicazione 6 caratterizzato inoltre dal comprendere
5 le operazioni di

dividere tra loro detti rapporti secondo ($R2(K)$) e primo ($R1(K)$)
producendo un quinto rapporto ($R5(K)$);

dividere tra loro detti rapporti terzo ($R3(K)$) e quarto ($R4(K)$)
producendo un sesto rapporto ($R6(K)$);

10 riconoscere l'immagine corrente come progressiva se soddisfa i
requisiti del metodo della rivendicazione 6 e se allo stesso tempo detti rapporti
quinto ($R5(K)$) e sesto ($R6(K)$) sono maggiori rispettivamente dei numeri settimo
(θ) e ottavo (ι).

8. Il metodo secondo una delle rivendicazioni precedenti caratterizzato
15 inoltre dal comprendere le operazioni di

per ogni immagine elaborata, calcolare un valore provvisorio di peso
($P(K)$) in funzione del riconoscimento dell'immagine corrente come progressiva o
interallacciata effettuato da uno dei metodi delle rivendicazioni precedenti;

per ogni immagine elaborata, calcolare un valore definitivo di peso
20 ($D(K)$) in funzione di detto valore provvisorio di peso relativo all'immagine
corrente ($P(K)$) e dei valori definitivi di peso relativi ad immagini precedenti
($D(I)$);

riconoscere l'immagine corrente come progressiva o interallacciata in
funzione di detto valore provvisorio di peso relativo all'immagine corrente ($P(K)$)
25 e di detti valori definitivi di peso relativi ad immagini precedenti ($D(I)$).

9. Il metodo di elaborazione della rivendicazione 1 comprendente il calcolo di vettori di moto di un'immagine della sequenza video mediante le operazioni di

- calcolare detti vettori di moto con una tecnica di tipo Frame-Prediction
5 se l'immagine corrente è riconosciuta come progressiva o con una tecnica di tipo Field-Prediction se l'immagine corrente è riconosciuta come interallacciata.

S DIC 1999

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1/8

FIG. 1

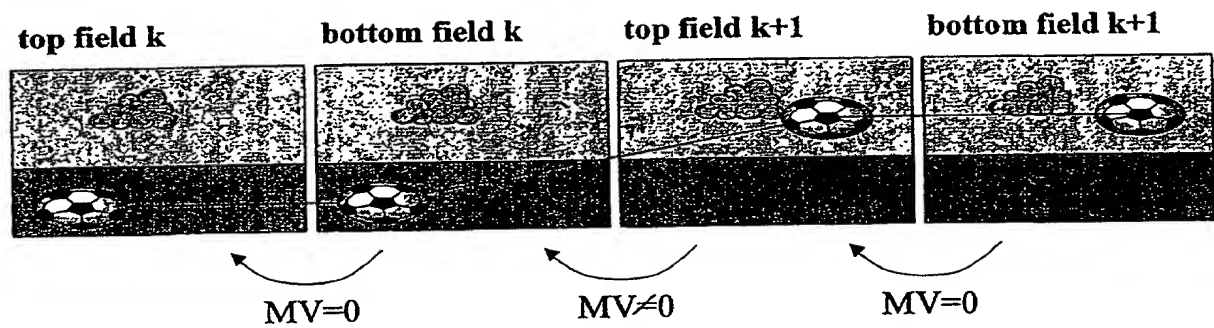
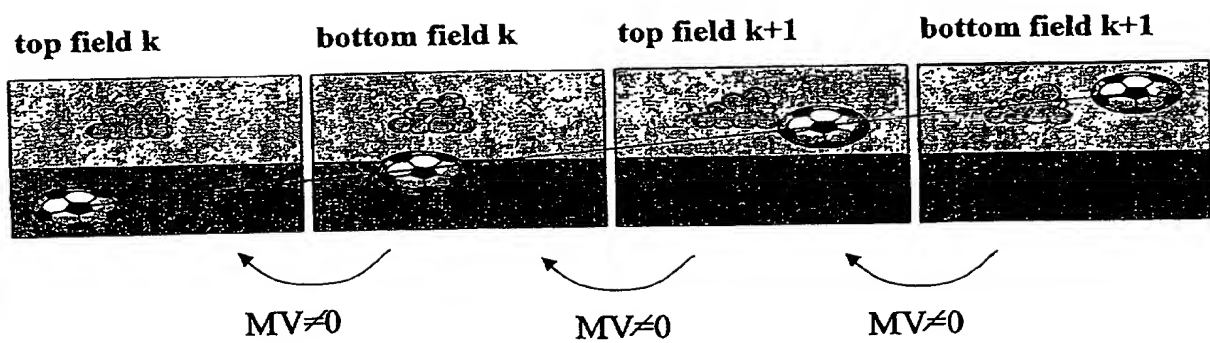


FIG. 2



2/8

FIG. 3

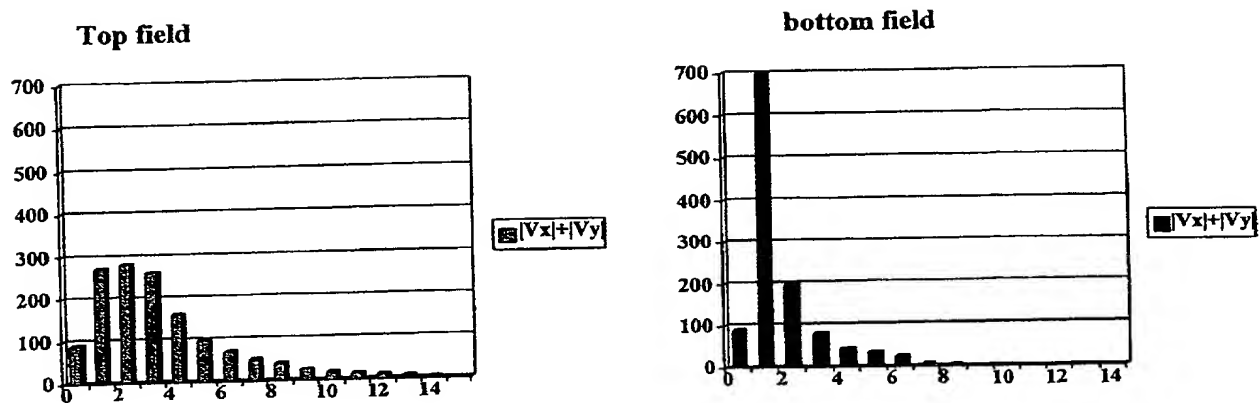
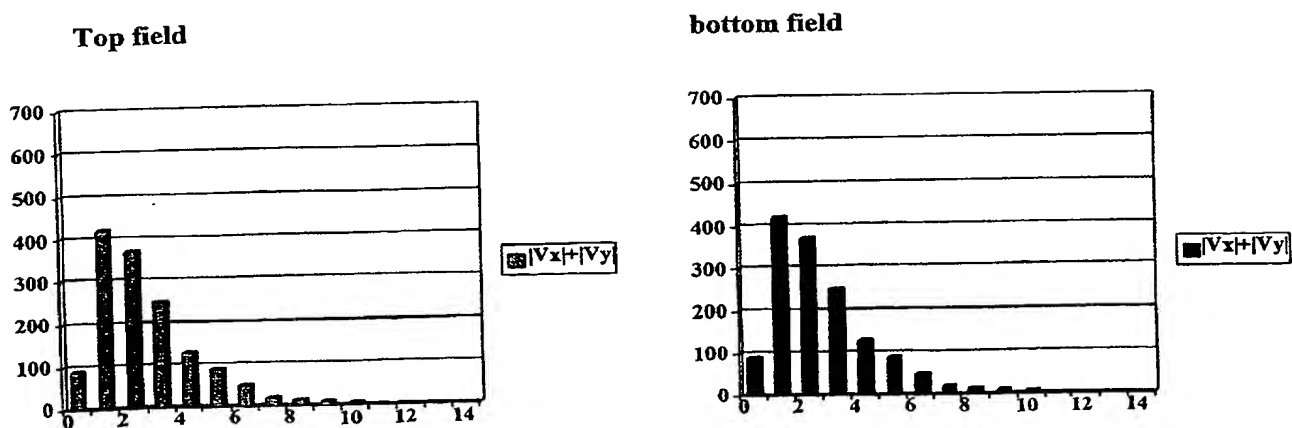
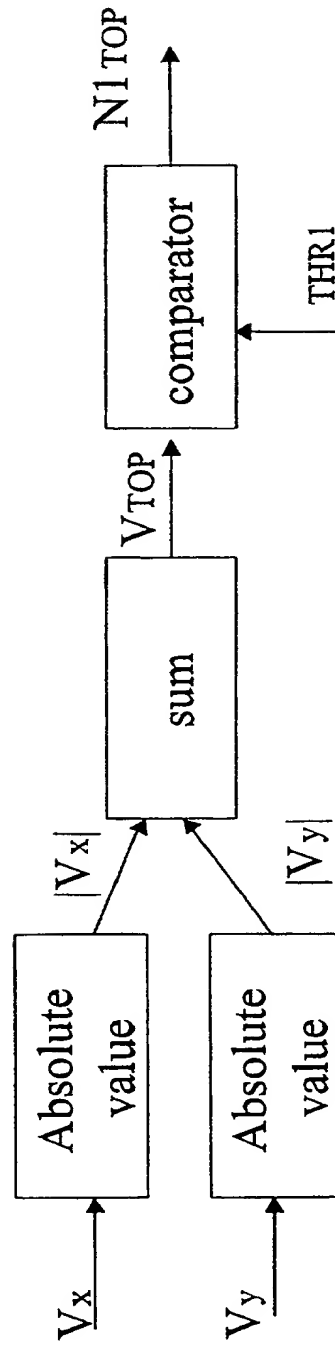


FIG. 4



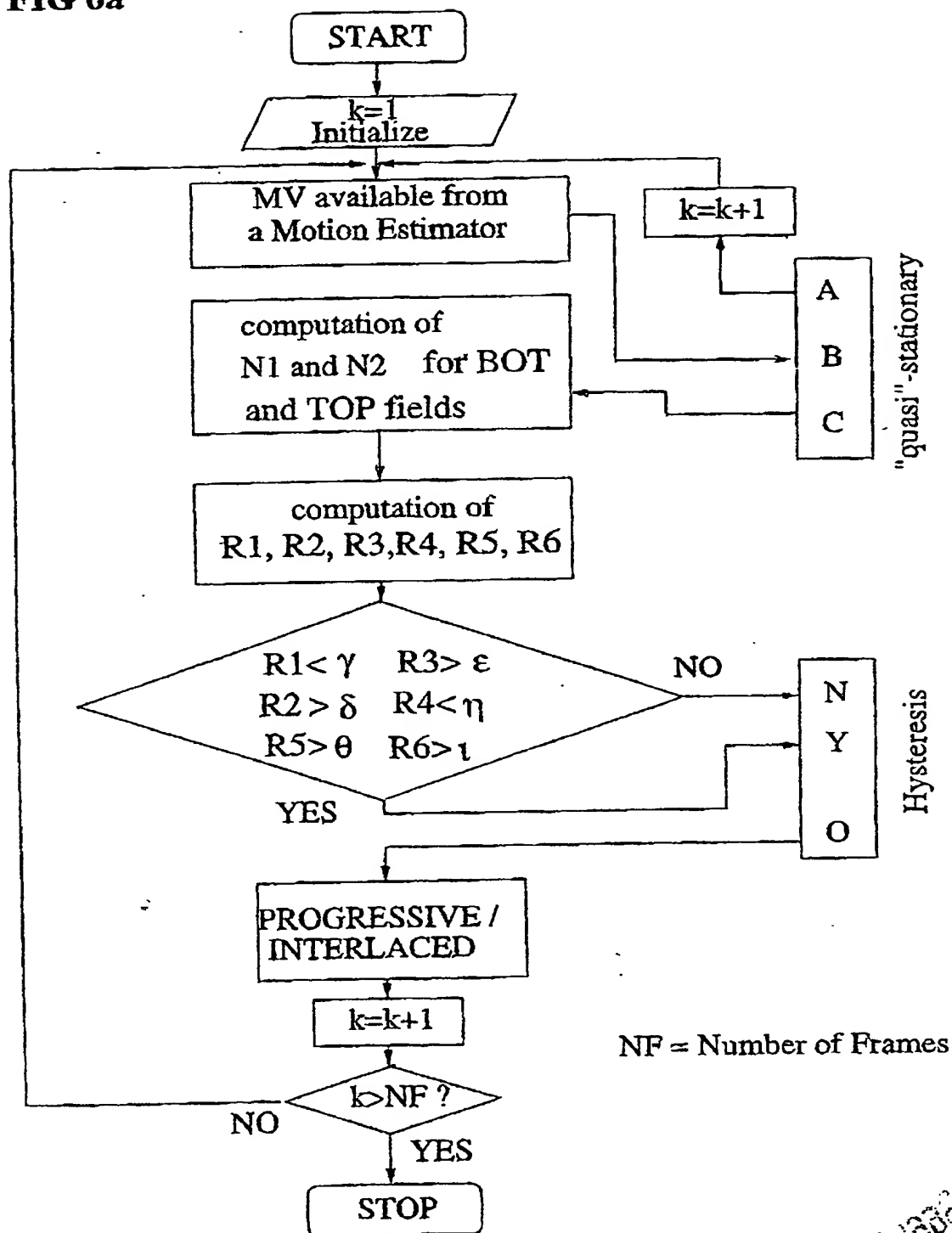
3/8

FIG. 5



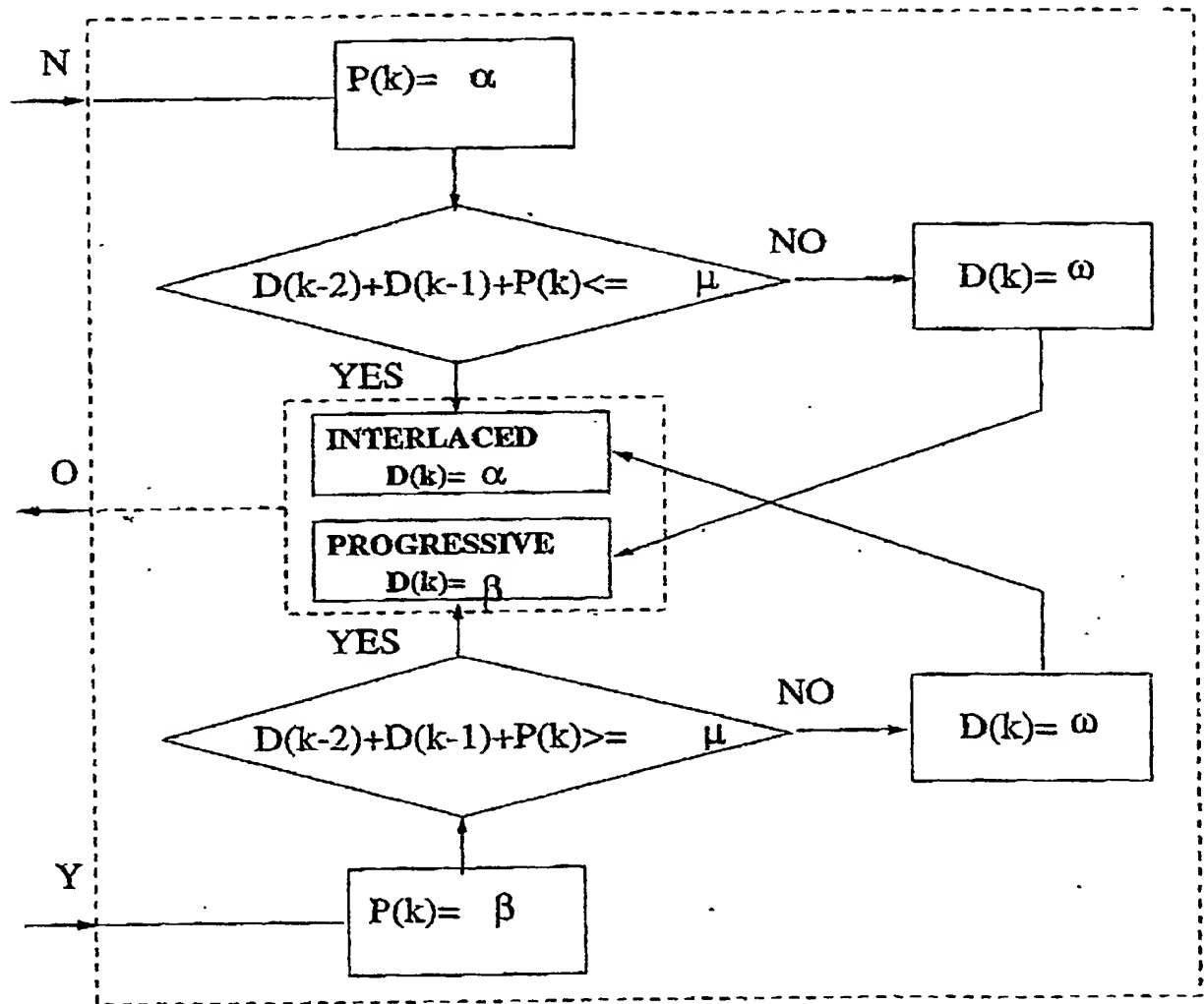
4/8

FIG 6a



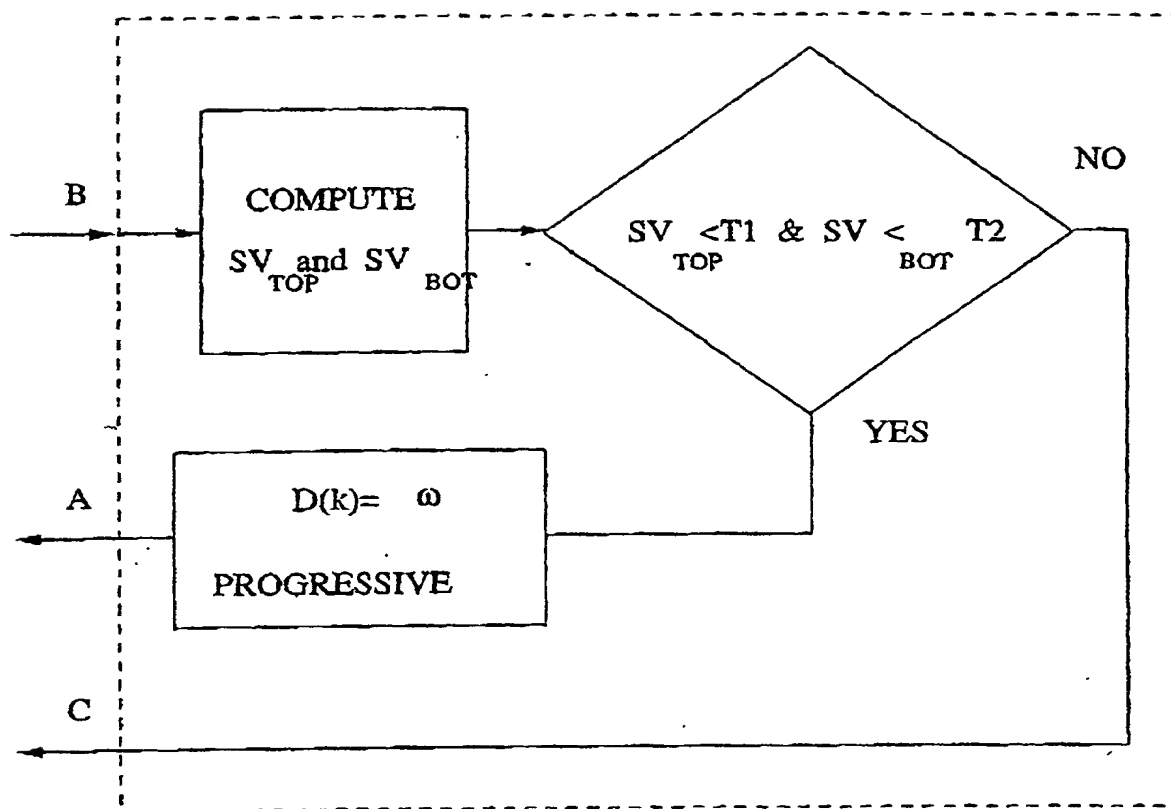
5/8

FIG 6b



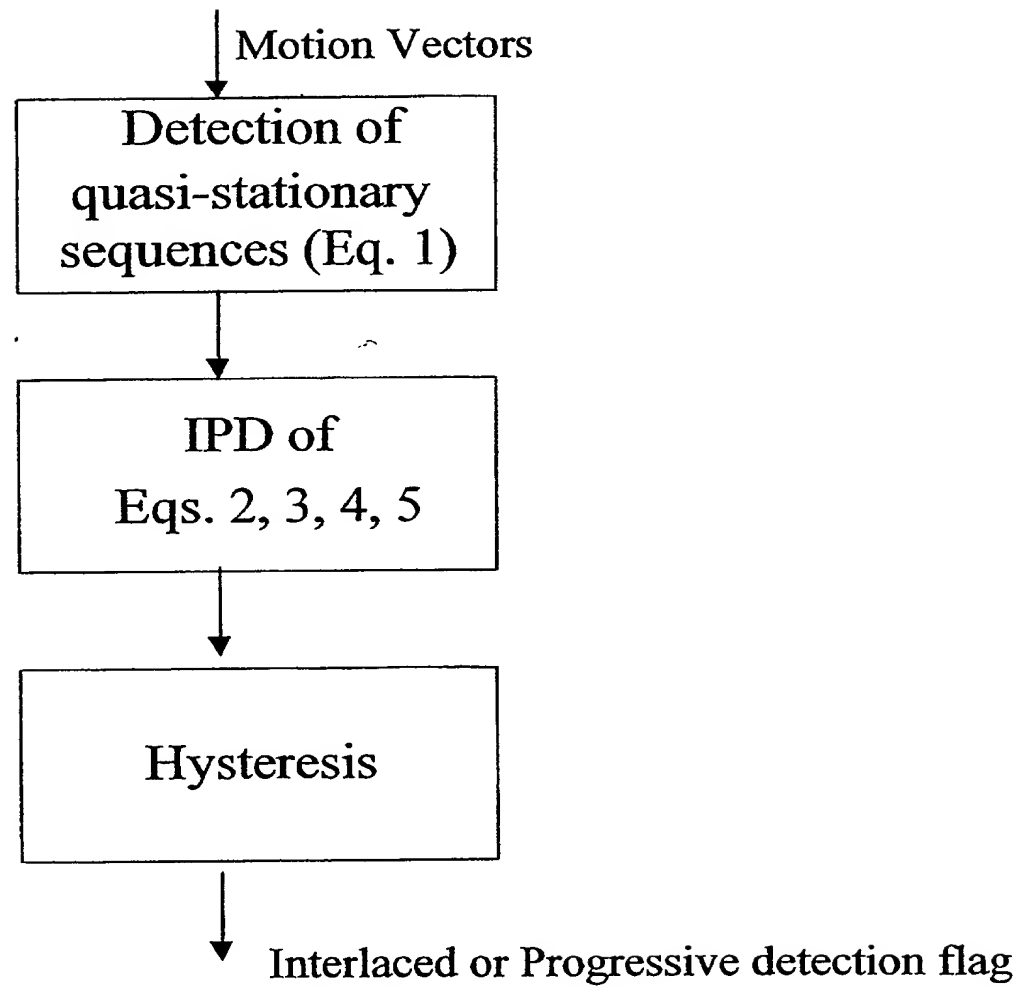
6/8

FIG 6c



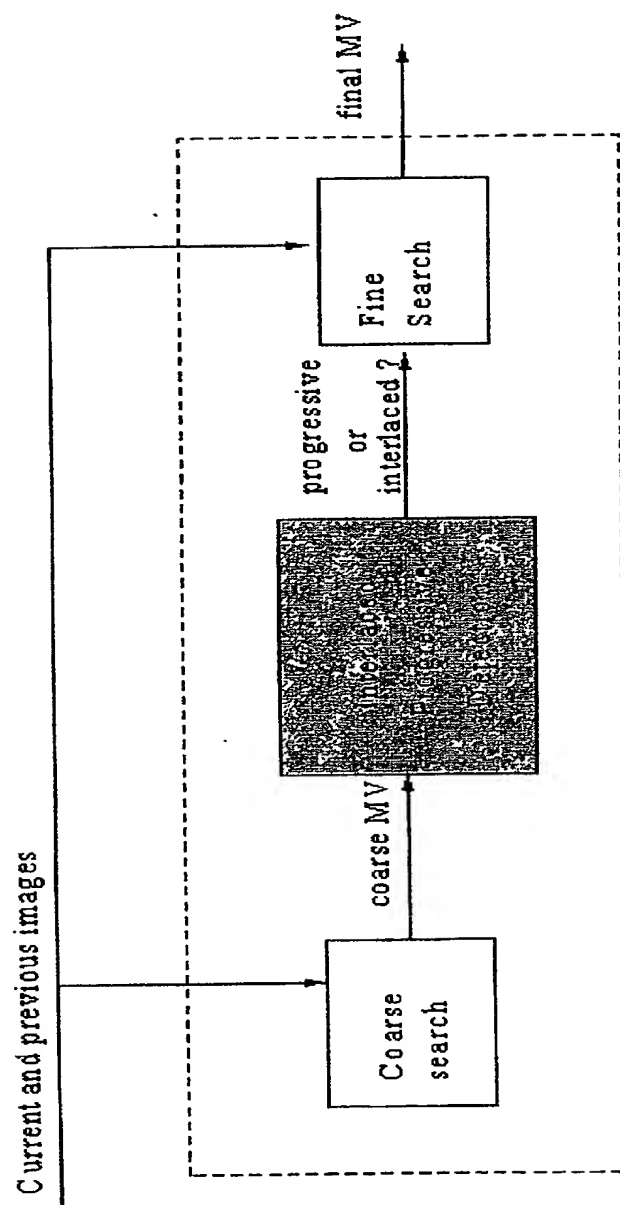
7/8

FIG. 7



8/8

FIG. 8



two steps motion estimation